

Verfahren und Vorrichtung zum CVD-Beschichten von Werkstücken

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum CVD-Beschichten von Werkstücken gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des weitern betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10.

Aus dem Stand der Technik sind zahlreiche Verfahren zur Beschichtung von Werkstücken bekannt. Beim sogenannten CVD (Chemical-Vapour-Deposition) Beschichten handelt es sich um ein Beschichtungsverfahren, welches auf der chemischen Reaktion von Gasen beruht. CVD-Beschichten wird auch beim sogenannten Alitieren eingesetzt, einem Oberflächenschutzverfahren, bei welchem in die Oberfläche von metallischen Bauteilen Aluminium eingebracht wird.

Beim CVD-Beschichten ist zur Gewährleistung eines optimalen Beschichtungsergebnisses die Erzeugung einer gleichmäßigen beschichtungsaktiven Atmosphäre in einem sogenannten Beschichtungsraum, in welchem zu beschichtende Werkstücke angeordnet werden, erforderlich. Um in großen Beschichtungsräumen, auch Beschichtungsöfen genannt, für alle zu beschichtenden Werkstücke eine gleichmäßige beschichtungsaktive Atmosphäre zu gewährleisten, werden nach dem Stand der Technik die zu beschichtenden Werkstücke im Beschichtungsraum in sogenannten Beschichtungskästen angeordnet.

In diesen Beschichtungskästen findet die eigentliche Beschichtung der Werkstücke statt. Die Beschichtungskästen verfügen im Vergleich zum eigentlichen Beschichtungsraum über ein kleines Volumen, so dass innerhalb der Beschichtungskästen eine gleichmäßige beschichtungsaktive Atmosphäre erzeugt werden kann. Die Verwendung solcher Beschichtungskästen im Beschichtungsraum ist jedoch nachteilig. Die Beschichtungskästen verbrauchen nämlich innerhalb des Beschichtungsraums viel Platz, wodurch sich der Beschichtungsraum nicht effizient ausnutzen lässt. Darüber hinaus verfügen die

Beschichtungskästen im Verhältnis zu den zu beschichtenden Werkstücken über eine relativ große Masse, wodurch sich lange Aufheizzeiten bis zum Erreichen einer Prozesstemperatur bzw. Beschichtungstemperatur und ebenso lange Rückkühlzeiten ergeben. Werden demnach Beschichtungskästen verwendet, so ergibt sich hierdurch ein langer Beschichtungsprozess. Auch hierdurch wird die Effizienz des Beschichtungsverfahrens bzw. der Vorrichtung zum Beschichten beschränkt. Ferner sind Beschichtungskästen teuer und müssen von Zeit zu Zeit erneuert werden. Dies bringt Kostennachteile mit sich.

Will man nach dem Stand der Technik auf Beschichtungskästen verzichten, so war es bislang erforderlich, Beschichtungsräume mit einem geringen Volumen zu verwenden. Bei derartigen kleinen Beschichtungsräumen kann zwar auf Beschichtungskästen verzichtet werden, andererseits können jedoch nur eine begrenzte Anzahl von zu beschichtenden Werkstücken innerhalb des Beschichtungsraums angeordnet werden. Auch dies ist unter Effizienzgesichtspunkten von Nachteil.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zum CVD-Beschichten und eine neuartige Vorrichtung zum CVD-Beschichten zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das Eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 11 gekennzeichnet.

Erfindungsgemäß werden zu beschichtende Werkstücke in einem Beschichtungsraum angeordnet, wobei in Nähe der zu beschichtenden Werkstücke Beschichtungsgranulat angeordnet wird. Der Beschichtungsraum wird zusammen mit den zu beschichtenden Werkstücken und zusammen mit dem Beschichtungsgranulat auf Prozesstemperatur erhitzt. Nach dem Erreichen der Prozesstemperatur wird ein reaktives Prozessgas direkt auf das Beschichtungsgranulat (ein)geleitet, wobei hierdurch das Beschichtungsgas erzeugt wird. Hierdurch lässt sich im gesamten Beschichtungsraum eine gleichmäßige sowie hochbeschichtungsaktive Atmosphäre erzeugen. Auf Beschichtungskästen kann verzichtet

werden, wodurch einerseits der Beschichtungsraum gut ausgenutzt wird und sich andererseits ein positives dynamisches Verhalten des Beschichtungsprozesses ergibt. Auch ergibt sich eine erhebliche Kostenreduzierung.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden im Beschichtungsraum zu beschichtende Werkstücke in mehreren übereinander angeordneten Ebenen positioniert, wobei im Bereich jeder Ebene unmittelbar unterhalb der zu beschichtenden Werkstücke Beschichtungsgranulat angeordnet wird. Das Prozessgas wird im Bereich jeder Ebene auf das Beschichtungsgranulat eingeleitet. Dies sorgt für eine optimierte Ausnutzung des Beschichtungsraums bei gleichzeitiger Gewährleistung einer gleichmäßigen, hochbeschichtungsaktiven Atmosphäre im gesamten Beschichtungsraum.

Vorzugsweise wird während einer Haltezeit ein Verfahrensdruck gepulst, indem der Verfahrensdruck durch Entziehen des Beschichtungsgases abgesenkt und anschließend neues Beschichtungsgas erzeugt wird. Hierdurch lassen sich Innenbeschichtungen realisieren.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine stark schematisierte Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur CVD-Beschichtung eines Werkstücks zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig.2: ein Detail der Vorrichtung gemäß Fig. 1.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum CVD-Beschichten von zu beschichtenden Werkstücken. Fig. 2 zeigt ein vergrößertes Detail der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Fig. 1.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Fig. 1 und 2 wird vorzugsweise zum Alitieren von Turbinenteilen, wie z.B. Verdichterschaufeln, verwendet.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Fig. 1 und 2 umfasst einen Beschichtungsraum 10, der auch als Beschichtungssofen oder Retortenofen bezeichnet wird. Innerhalb des Beschichtungsraums sind mehrere zu beschichtenden Werkstücke 11 angeordnet. Die zu beschichtenden Werkstücke 11 sind im Beschichtungsraum 10 in mehreren, übereinander angeordneten Ebenen 12 positioniert. Gemäß Fig. 1 sind die Werkstücke 11 in insgesamt vier übereinander angeordneten Ebenen 12 positioniert, wobei für jede Ebene 12 insgesamt acht Werkstücke 11 dargestellt sind.

Im Bereich jeder Ebene 12 ist ein Auflagegestell 13 positioniert, das sich vorzugsweise über die gesamte Breite des Beschichtungsraums 10 erstreckt. Die Auflagegestelle 13 erstrecken sich demnach in horizontaler Richtung des Beschichtungsraumes 10. Zwischen den übereinander angeordneten Auflagegestellen 13 erstreckt sich in vertikaler Richtung des Beschichtungsraums 10 ein Rohr 14. Im Bereich einer jeden Ebene 12 verfügt das Rohr 14 über eine Abzweigung 15.

Auf den Auflagegestellen 13 sind Aufnahmeeinrichtungen 16 für Beschichtungsgranulat 17 angeordnet. Die Aufnahmeeinrichtungen 16 verfügen über eine Aufnahmewanne 18 für das Beschichtungsgranulat 17, wobei die Aufnahmewanne 18 nach oben von einem Rost 19 begrenzt wird. Auf dem Rost 19 einer jeden Aufnahmeeinrichtung 16 liegen die zu beschichtenden Werkstücke 11 auf. Demnach ist im Bereich einer jeden Ebene 12 unmittelbar unterhalb der zu beschichtenden Werkstücke 11 Beschichtungsgranulat 17 angeordnet.

Das vertikal verlaufende Rohr 14 dient der Führung von Prozessgas. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und 2 wird in einem unteren Abschnitt 20 des Rohrs 14 Prozessgas eingeleitet und in vertikaler Richtung nach oben bewegt. Im Bereich der Abzweigungen 15 wird ein Teil des durch das Rohr 14 bewegten Prozessgases in Richtung auf die Aufnahmeeinrichtungen 16 abgezweigt bzw. abgelenkt. Hierdurch kann Prozessgas gleichmäßig in Richtung auf alle im Beschichtungsraum 10 angeordneten Aufnahmeeinrichtungen 16 und damit letztendlich auf das dort befindliche Beschichtungsgranulat 17 gelangen. Wenn das Prozessgas bei einer

vorbestimmten Prozesstemperatur bzw. Beschichtungstemperatur auf das Beschichtungsgranulat 17 gelangt, wird hierbei das Beschichtungsgas erzeugt, welches letztendlich für die Beschichtung der zu beschichtenden Werkstücke 11 sorgt. Die Aufnahmeeinrichtungen 16 können demnach auch als Einrichtungen zum Erzeugen des Beschichtungsgases bzw. als Beschichtungsgas-Generatoren bezeichnet werden.

Zum CVD-Beschichten der Werkstücke 11 wird demnach mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung so vorgegangen, dass im Bereich der Ebenen 12 auf den Rosten 19 der Aufnahmeeinrichtungen 16 die zu beschichtenden Werkstücke 11 positioniert werden. Hierdurch werden die zu beschichtenden Werkstücke 11 in dem Beschichtungsraum angeordnet. In unmittelbarer Nähe zu den zu beschichtenden Werkstücken, nämlich unterhalb der Roste 19, wird Beschichtungsgranulat 17 im Beschichtungsraum 10 angeordnet. Mithilfe einer nicht-dargestellten Heizeinrichtung bzw. Erhitzungseinrichtung wird der Beschichtungsraum 10 und damit die im Beschichtungsraum 10 angeordneten Werkstücke 11 sowie das im Beschichtungsraum 10 angeordnete Beschichtungsgranulat 17 auf eine vorbestimmte Prozesstemperatur bzw. Beschichtungstemperatur erhitzt. Nach dem Erreichen dieser Prozesstemperatur wird über das Rohr 14 Prozessgas in den Beschichtungsraum 10 eingeleitet. Über die Abzweigungen 15 gelangt das Prozessgas gleichmäßig in Richtung auf alle Ebenen 12 und damit letztendlich gleichmäßig direkt auf das im Bereich der übereinander verlaufenden Ebenen 12 angeordnete Beschichtungsgranulat 17. Hierdurch wird im gesamten Beschichtungsraum 10 gleichmäßig das Beschichtungsgas erzeugt. Im gesamten Beschichtungsraum 10 stellt sich eine gleichmäßige beschichtungsaktive Atmosphäre ein.

Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, zuerst die zu beschichtende Werkstücke 11 sowie das Beschichtungsgranulat 17 im Beschichtungsraum 10 auf Prozesstemperatur zu erhitzen. Erst nach dem Erhitzen auf Prozesstemperatur wird das Prozessgas in Richtung auf das Beschichtungsgranulat geleitet. Als Beschichtungsgas wird ein Halogenid-Gas verwendet. Durch die Verwendung der oben beschriebenen Aufnahmeeinrichtungen 16, die mit Beschichtungsgranulat 17 gefüllt sind, werden demnach Einrichtungen zum Erzeugen des Beschichtungsgases bereitgestellt, die innerhalb des Beschichtungsraums 10 in der Nähe der zu beschichtenden Werkstücke 11 angeordnet sind. Bei den mit Beschichtungsgranulat 17 gefüllten Aufnahmeeinrichtungen 16 handelt es

sich demnach um interne Beschichtungsgas-Generatoren. Diese können leicht in den unterschiedlichen Ebenen 12 des Beschichtungsraums 10 installiert werden. Auf Beschichtungskästen, die nach dem Stand der Technik bei großen Beschichtungsräumen erforderlich sind, kann gänzlich verzichtet werden. Hierdurch ergibt sich ein positives, dynamisches Verhalten des erfindungsgemäßen Verfahrens, da sich die Aufheizzeit und Rückkühlzeit durch das Wegfallen der Beschichtungskästen verringert. Auch ergeben sich Kostenvorteile.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass das Aufheizen des Beschichtungsraums 10 und damit das Aufheizen der zu beschichtenden Werkstücke 11 sowie des Beschichtungsgranulat 17 unter einer Wasserstoffatmosphäre bzw. einer Argonatmosphäre erfolgt. Sobald dann die Beschichtungstemperatur bzw. Prozesstemperatur erreicht ist, wird das Halogenid-Gas in Richtung auf das Beschichtungsgranulat 17 geleitet. Während einer Haltezeit des Verfahrens werden dann die Verfahrensparameter konstant gehalten. Während dieser Haltezeit erfolgt die eigentliche Beschichtung der zu beschichtenden Werkstücke 11. Durch Spülen des Beschichtungsraums 10 mit Wasserstoff kann der Beschichtungsvorgang beendet werden.

In dem Fall, in dem der Beschichtungsraum 10 vakuumtauglich ausgestaltet ist, wird vorzugsweise nach dem Erreichen der Prozesstemperatur bzw. Beschichtungstemperatur und vor dem Einleiten des als Halogenid-Gas ausgebildeten Prozessgases im Beschichtungsraum 10 durch Abpumpen der beim Aufheizen vorherrschenden Atmosphäre ein Vakuum erzeugt. Erst nach dem Erzeugen des Vakuums wird dann das Halogenid-Gas in den Beschichtungsraum 10 eingeleitet. Hierzu ist dann der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine nicht-dargestellte Pumpeinrichtung zugeordnet.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich auch Innenbeschichtung der zu beschichtenden Werkstücke realisieren. Hierzu wird während der Haltezeit der Beschichtungsvorgang zwischenzeitlich druckgepult. Hierbei wird der Verfahrensdruck durch Entziehen bzw. Absenken des im Beschichtungsraum 10 erzeugten Beschichtungsgases abgesenkt. Anschließend wird neues Beschichtungsgas erzeugt, indem hierzu erneut Halogenid-Gas auf das Beschichtungsgranulat 17 eingeleitet wird, bis der

Verfahrensdruck wieder hergestellt ist. Das entzogene Beschichtungsgas wird demnach durch neues Beschichtungsgas ersetzt.

- Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung erlauben gegenüber dem Stand der Technik die Realisierung einer Vielzahl von Vorteilen:

- Durch den Wegfall von Beschichtungskästen lässt sich der Beschichtungsraum 10 effizient ausnutzen. Es können eine doppelte bis dreifache Anzahl von zu beschichtenden Werkstücken 11 im Beschichtungsraum 10 angeordnet werden.

- Weiterhin wird durch den Wegfall der Beschichtungskästen die Prozesszeit des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich reduziert, da sich durch die verringerte Masse im Beschichtungsraum 10 die Aufheizzeit sowie Rückkühlzeit verringert.

- Weiterhin verringern sich durch den Wegfall der Beschichtungskästen die Betriebskosten.

- Durch die Erfindung kann im gesamten Beschichtungsraum 10 eine gleichmäßige Verteilung des Beschichtungsgases und damit eine gleichmäßige beschichtungsaktive Atmosphäre erzeugt werden. Auch in großen Beschichtungsräumen lässt sich nun eine hocheffiziente CVD-Beschichtung realisieren.

- Bedingt dadurch, dass das Prozessgas erst nach dem Aufheizen der Werkstücke 11 und des Beschichtungsgranulats 17 in Richtung auf das Beschichtungsgranulat 17 geleitet wird, lässt sich der Beschichtungsprozess genau steuern.

- Auf die Verwendung eines nach dem Stand der Technik erforderlichen kristallinen Aktivators kann vollständig verzichtet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung eignen sich besonders zum Alitieren von Turbinenteilen wie sogenannten HPT-Blades.

Patentansprüche

1. Verfahren zum CVD-Beschichten, insbesondere zum Alitieren, mindestens eines Werkstücks, wobei ein Beschichtungsgas erzeugt wird, welches der Beschichtung des oder jeden Werkstücks dient, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - a) zu beschichtende Werkstücke (11) in einem Beschichtungsraum (10) angeordnet werden,
 - b) in Nähe der zu beschichtenden Werkstücke (11) Beschichtungsgranulat (17) angeordnet wird,
 - c) der Beschichtungsraum (10) zusammen mit den zu beschichtenden Werkstücken (11) und zusammen mit dem Beschichtungsgranulat (17) auf Prozesstemperatur erhitzt wird,
 - d) nach dem Erreichen der Prozesstemperatur ein Prozessgas auf das Beschichtungsgranulat (17) eingeleitet wird, wobei hierdurch das Beschichtungsgas erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zu beschichtende Werkstücke (11) im Beschichtungsraum (10) in mehreren übereinander angeordneten Ebenen (12) positioniert werden, wobei im Bereich jeder Ebene (12) unmittelbar unterhalb der zu beschichtende Werkstücke (11) Beschichtungsgranulat angeordnet (17) wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Prozessgas im Bereich jeder Ebene (12) auf das Beschichtungsgranulat (17) eingeleitet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Einleiten des Prozessgases auf das Beschichtungsgranulat (17) und damit nach dem Erzeugen des Beschichtungsgases während einer Haltezeit des Verfahrens die eigentliche Beschichtung der Werkstücke (11) erfolgt.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Prozessgas ein Halogenid-Gas verwendet wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Einleiten des Prozessgases im Beschichtungsraum (10) ein Vakuum erzeugt wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Haltezeit Verfahrensparameter konstant gehalten werden.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Haltezeit ein Verfahrensdruck gepulst wird, indem der Verfahrensdruck durch Entziehen des Beschichtungsgases abgesenkt und anschließend neues Beschichtungsgas erzeugt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** hierzu nach dem Absenken des Verfahrensdrucks erneut Prozessgas auf das Beschichtungsgranulat (17) eingeleitet wird, bis der Verfahrensdruck wiederhergestellt ist.
10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9, für das Abscheiden von Innenbeschichtungen auf Hohlkörpern, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pulsen des Verfahrensdruckes durch Entziehen des Beschichtungsgases sowie durch erneutes Einleiten von Prozessgas auf das Beschichtungsgranulat (17) einmalig oder zyklisch durchgeführt wird.
11. Vorrichtung zum CVD-Beschichten, insbesondere zum Alitieren, mit einem Beschichtungsraum (10) in welchem mindestens ein zu beschichtendes Werkstück (11) angeordnet ist, mit einer Einrichtung zum Erzeugen von Beschichtungsgas, welches der Beschichtung des oder jeden Werkstücks (11) dient, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zum Erzeugen des Beschichtungsgases

innerhalb des Beschichtungsraums (10) in der Nähe der zu beschichtenden Werkstücke (11) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zum Erzeugen des Beschichtungsgases mehrere, in übereinander verlaufenden Ebenen (12) angeordnete Aufnahmeeinrichtungen (16) für Beschichtungsgranulat (17) aufweist, wobei im Bereich jeder mit Beschichtungsgranulat (17) befüllten Aufnahmeeinrichtungen (16) unmittelbar oberhalb derselben zu beschichtenden Werkstücke (11) positionierbar sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufnahmeeinrichtungen (16) eine Aufnahmewanne (18) für das Beschichtungsgranulat (17) und einen die Aufnahmewanne (18) nach oben begrenzenden Rost (19) aufweisen, wobei auf dem Rost (19) die zu beschichtenden Werkstücke (11) positionierbar sind.
14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich jeder Aufnahmeeinrichtung (16) für Beschichtungsgranulat (17) eine Einleiteinrichtung für Prozessgas angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einleiteinrichtung für Prozessgas als Abzweigung (18) von einem vertikal im Beschichtungsraum (10) verlaufenden Rohr (14) ausgebildet ist und in die entsprechende Aufnahmeeinrichtung (16) für Beschichtungsgranulat (17) hineinragt.
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 15, **gekennzeichnet durch** eine Erhitzungseinrichtung zum Erhitzen des Beschichtungsraums (10) sowie der im Beschichtungsraum (10) angeordneten, zu beschichtenden Werkstücke (11) auf Prozesstemperatur.

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 16, **gekennzeichnet durch** eine Pumpeneinrichtung zum Erzeugen eines Vakuums im Beschichtungsraum (10) und/oder zum Pulsieren des Verfahrensdrucks.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur CVD-Beschichtung eines Werkstücks.

Bei Verfahren zum CVD-Beschichten, insbesondere zum Alitieren, mindestens eines Werkstücks wird ein Beschichtungsgas erzeugt, welches der Beschichtung des oder jeden Werkstücks dient.

Erfindungsgemäß werden zu beschichtende Werkstücke in einem Beschichtungsraum angeordnet, wobei in Nähe der zu beschichtenden Werkstücke Beschichtungsgranulat angeordnet wird. Der Beschichtungsraum wird zusammen mit den zu beschichtenden Werkstücken und zusammen mit dem Beschichtungsgranulat auf Prozesstemperatur erhitzt. Nach dem Erreichen der Prozesstemperatur wird ein Prozessgas auf das Beschichtungsgranulat eingeleitet, wobei hierdurch das Beschichtungsgas erzeugt wird.

(Fig.1)